

89143



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 42 38 504 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 01 B 11/03
G 01 V 9/04
G 01 P 3/00
B 23 Q 17/24

②1 Aktenzeichen: P 42 38 504.0
②2 Anmeldetag: 14. 11. 92
④3 Offenlegungstag: 19. 5. 94

DE 42 38 504 A 1

⑦1 Anmelder:
Chiron-Werke GmbH & Co KG, 78532 Tuttlingen, DE

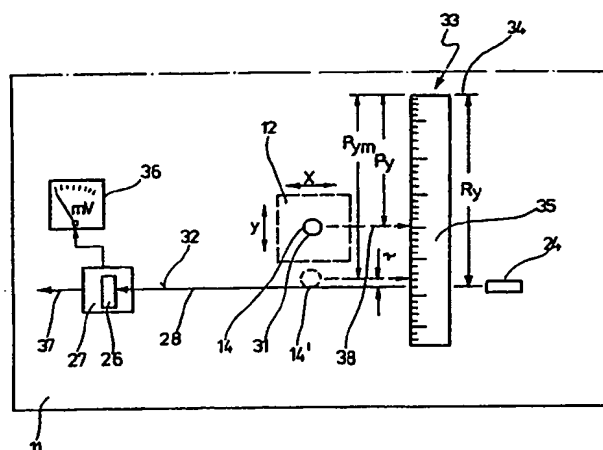
⑦4 Vertreter:
Witte, A., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Weller, W., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat.; Gahlert, S., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing.;
Otten, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte, 70178
Stuttgart

⑦2 Erfinder:
Rütschle, Eugen, Dipl.-Ing., 7202 Mühlheim, DE;
Winkler, Hans-Henning, Dr.-Ing., 7200 Tuttlingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Vermessen eines Werkzeuges

⑤7 Beschrieben wird ein Verfahren zum Vermessen eines Werkzeuges (14) in einer Spindel einer Werkzeugmaschine, bei der das Werkzeug (14) durch relatives Verfahren zwischen einem die Spindel aufnehmenden Spindelstock (12) und einem Werkstücktisch (11) zugestellt wird. Die relative Lage (P_y) des Spindelstockes (12) zu einem Referenzpunkt (34) wird mittels eines Wegmeßsystems (33) bestimmt, wobei das Werkzeug in Richtung einer seiner Koordinaten (Y) einer im wesentlichen quer zu der Koordinate (Y) verlaufenden optischen Meßebe (32) mit zugeordnetem optischen Meßsystem zugestellt wird. Das Meßsystem gibt dabei ein Meßsignal aus, anhand dessen bestimmt wird, ob das Werkzeug (14) in die Meßebe (32) eintaucht. Bei Eintauchen des Werkzeuges in die Meßebe wird die relative Lage des Spindelstockes als Lagemeßwert gemessen und aus dem Lagemeßwert sowie aus der relativen Lage der Meßebe die Abmaße des Werkzeuges berechnet. Das Verfahren wird auch quer zur Längsrichtung des Werkzeuges durchgeführt. Ferner wird das Meßsignal des Meßsystems mit einem Vergleichswert verglichen, um festzustellen, ob das Werkzeug in die Meßebe (32) eintaucht (Fig. 3).



DE 42 38 504 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 94 408 020/299

16/41

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vermessen eines Werkzeuges in einer Spindel einer Werkzeugmaschine, bei der das Werkzeug durch relatives Verfahren zwischen einem die Spindel aufnehmenden Spindelstock und einem Werkstücktisch zugestellt wird, wobei

- die relative Lage des Spindelstockes zu einem Referenzpunkt mittels eines Wegmeßsystems bestimmt wird,
- das Werkzeug in Richtung einer seiner Koordinaten einer im wesentlichen quer zu der Koordinate verlaufenden optischen Meßebe mit zugeordnetem optischen Meßsystem zugestellt wird,
- das Meßsystem ein Meßsignal ausgibt, anhand dessen bestimmt wird, ob das Werkzeug in die Meßebe eintaucht,
- bei Eintauchen des Werkzeuges in die Meßebe die momentane relative Lage des Spindelstockes als Lagemeßwert gemessen wird, und
- aus dem Lagemeßwert sowie aus der relativen Lage der Meßebe zu dem Referenzpunkt die Abmaße des Werkzeuges in der Koordinate berechnet werden.

Ein derartiges Verfahren ist aus der Druckschrift EP-B-00 98 930 bekannt.

Das bekannte Verfahren dient dazu, das Werkzeug einer NC-Werkzeugmaschine auf Bruch oder Verschleiß zu überwachen. Dazu wird das Werkzeug bei der Zustellung oder beim Zurückziehen in Werkzeuglängsrichtung durch eine quer zur Vorschubrichtung des Werkzeuges stehende optische Meßebe gefahren. Diese Meßebe wird durch eine Laserlichtschranke gebildet, wobei die Unterbrechung der Lichtschranke als Signal ausgewertet und die aktuelle relative Position der das Werkzeug aufnehmenden Spindel gemessen wird.

Um die Länge des Werkzeuges bestimmen zu können, muß ferner die relative Lage der Lichtschranke zu dem Nullpunkt des Wegmeßsystemes bekannt sein, mittels dessen die Position der Spindel ermittelt wird.

Durch eine einfache Differenzbildung zwischen der relativen Lage der Lichtschranke und der momentanen Lage der Spindel bzw. des Spindelstockes kann dann die Länge des Werkzeuges berechnet werden. Durch Vergleich der berechneten Länge mit einer Solllänge kann dann auf Verschleiß oder Bruch geschlossen werden.

Um die aus einem Geber und einem Sensor bestehende Lichtschranke vor Verschmutzung durch Kühlwasser, Späne oder andere Verunreinigungen zu schützen, sind Abdeckkappen vorgesehen. Ferner sind Blasdüsen vorhanden, um den Geber und den Sensor zu reinigen.

Bei dem bekannten Verfahren ist von Nachteil, daß die Genauigkeit der Längenbestimmung davon abhängt, wie genau die relative Lage der Lichtschranke bekannt ist. Kommt es bspw. während der Arbeitsvorgänge der Werkzeugmaschine zu thermischen Deflektionen oder sonstigen Lageveränderungen zwischen der Lichtschranke und dem Referenzpunkt des Wegmeßsystemes, ist eine genaue Längenbestimmung des Werkzeuges nicht mehr möglich.

Ferner wird die Längenbestimmung des Werkzeuges durch im Bearbeitungsraum befindliche Verunreinigungen der Luft beeinträchtigt, denn diese Verunreinigungen führen zu einem Signalabfall in der Lichtschranke, welcher sich dem Signalabfall überlagert, der durch ein

in den Strahl eintauchendes Werkzeug hervorgerufen wird. Auf diese Weise ist die Messung der momentanen relativen Lage des Spindelstockes mit einem großen Unsicherheitsfaktor versehen. Dies führt zu einer großen Meßungenauigkeit bei der Bestimmung der Länge des Werkzeuges.

Je ungenauer jedoch die aktuelle Länge des Werkzeuges bestimmt werden kann, desto unsicherer sind auch Aussagen über Bruch oder Verschleiß, die mit dem bekannten Verfahren gewonnen werden sollen.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das eingangs genannte Verfahren dahingehend weiterzubilden, daß die vorstehend genannten Nachteile vermieden werden. Insbesondere sollen die Meßgenauigkeit sowie die Reproduzierbarkeit beim Vermessen des Werkzeuges erhöht werden. Außerdem soll das neue Verfahren dazu beitragen, daß die Werkzeugmaschine selbst mit größerer Genauigkeit betrieben werden kann.

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren einerseits dadurch gelöst, daß das Verfahren auch in einer quer zur Längsrichtung des Werkzeuges verlaufenden Koordinate durchgeführt wird.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst. Weil jetzt nämlich auch die Abmaße des Werkzeuges in Querrichtung vermessen werden können, lassen sich sowohl der Durchmesser des Werkzeuges als auch Rundungsfehler vermessen. Die Anmelderin hat nämlich erkannt, daß Verschleiß und Bruch sich nicht zwingend in der Länge des Werkzeuges widerspiegeln müssen. Vielmehr ist es durchaus auch möglich, daß die beim Bearbeiten eines Werkstückes auftretenden Abnutzungen des Werkzeuges den Durchmesser oder die Rundheit des letzteren beeinträchtigen. Derartige Beeinträchtigungen wiederum führen zu einer Verschlechterung der Bearbeitungsqualität, welche mit der Werkzeugmaschine erzielt werden kann.

Zur Durchführung dieses Verfahrens muß die Werkzeugmaschine natürlich in der Lage sein, das Werkzeug tangential zu der Meßebe zuzustellen.

Die Aufgabe wird weiterhin dadurch gelöst, daß bei dem eingangs genannten Verfahren vor dem Vermessen des Werkzeuges ein Meßwerkzeug mit definierten Abmaßen vermessen wird, und daß aus dem Lagemeßwert für das Meßwerkzeug und den definierten Abmaßen die relative Lage der Meßebe bestimmt wird.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch auf diese Weise vollkommen gelöst. Weil nämlich jetzt die relative Lage der Meßebe im Betrieb der Werkzeugmaschine jederzeit neu vermessen werden kann, können Deflektionen der Maschine erkannt und berücksichtigt werden. Thermische Ausdehnungen der Maschine oder sonstige Lageveränderungen der Meßebe werden somit erkannt und führen nicht mehr zu einer Fehlberechnung der Abmaße des zu vermessenden Werkzeuges. Damit wird sowohl die Meßgenauigkeit als auch die Reproduzierbarkeit bei dem erfindungsgemäßen Verfahren deutlich erhöht. Weil nun aber die aktuellen Abmaße des Werkzeuges genauer vermessen werden können, kann auch die Werkzeugmaschine mit höherer Betriebssicherheit und Genauigkeit arbeiten.

Schließlich wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe auch dadurch gelöst, daß bei dem eingangs genannten Verfahren das Meßsignal des Meßsystemes mit einem Vergleichswert verglichen wird, um festzustellen, ob das Werkzeug in die Meßebe eintaucht.

Auch durch diese Maßnahme wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe vollkommen gelöst. Durch den Vergleich des Meßsignales mit einem Vergleichswert werden nämlich die in dem Arbeitsraum der Werkzeugmaschine vorhandenen Verunreinigungen sozusagen "ausgeblendet", denn in dem Vergleichswert kann der aktuelle Verschmutzungsgrad der Luft in dem Arbeitsraum berücksichtigt werden.

Die Unsicherheit bei der Messung der momentanen relativen Lage des Spindelstockes wird dadurch drastisch reduziert, was wiederum zu einer genaueren Messung der Abmaße des Werkzeuges führt. Dies wiederum führt dazu, daß die Werkzeugmaschine mit höherer Genauigkeit betrieben werden kann.

Insbesondere ist es bevorzugt, wenn mehrere der vorstehend erwähnten Maßnahmen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt werden.

Dies ist deshalb von Vorteil, weil durch die Kombination der vorstehend erwähnten Maßnahmen die Meßgenauigkeit noch einmal gesteigert werden kann. Zum Beispiel ist für die Bestimmung des Durchmessers oder der Rundheit eines Werkzeuges eine viel größere Meßgenauigkeit erforderlich als für die Bestimmung der Länge eines Werkzeuges. Wenn also bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bspw. die Meßgenauigkeit durch Verwendung eines Vergleichswertes und/oder durch Verwendung eines Meßwerkzeuges zur Bestimmung der relativen Lage der Meßebeane erhöht wird, lassen sich der Durchmesser und die Rundheit des Werkzeuges noch genauer bestimmen.

Aber auch bei der Längenbestimmung eines Werkzeuges hat die Kombination der Maßnahmen "Meßwerkzeug" und "Vergleichswert" den kumulativen Vorteil, daß die Meßgenauigkeit noch einmal deutlich gesteigert wird.

All dies führt dazu, daß die Abmaße des Werkzeuges genauer bekannt sind und somit die Werkzeugmaschine mit höherer Auflösung und größerer Genauigkeit und Reproduzierbarkeit betrieben werden kann.

In einer Weiterbildung ist es bevorzugt, wenn der Vergleichswert mit einem zweiten Meßsystem ermittelt wird, das beim Eintauchen des Werkzeuges in die Meßebeane nicht erfaßt wird.

Hier ist von Vorteil, daß der Vergleichswert sozusagen zeitgleich mit dem Meßsignal bestimmt wird, so daß auch eine sich schnell ändernde Verschmutzung im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit ausüben kann.

Dabei ist es ferner bevorzugt, wenn der Vergleichswert periodisch wiederkehrend gemessen wird.

Diese Maßnahme ist insbesondere dann von Vorteil, wenn größere Verunreinigungen, wie Späne, durch den Arbeitsraum fliegen, während die Messung vorgenommen wird. Diese Verunreinigungen können nämlich das Meßsystem zum Ansprechen bringen, obwohl das Werkzeug noch gar nicht in die Meßebeane eingetaucht ist. Da die Späne ihre Lage im Arbeitsraum jedoch relativ schnell verändern, ist ihr Einfluß bei der nächsten Messung schon nicht mehr vorhanden, so daß auch derartige Verschmutzungen ausgeblendet werden können.

In einer Weiterbildung ist es bevorzugt, wenn das Eintauchen des Werkzeuges in die Meßebeane durch eine Differenzmessung ermittelt wird.

In Fortbildung der Maßnahme, das Meßsignal mit einem Vergleichswert zu vergleichen, ist hier von Vorteil, daß der Meßwert und der Vergleichswert zeitgleich bestimmt werden, so daß auch schnelle Veränderungen in der Verschmutzung des Arbeitsraumes ausgeblendet

werden.

Hier ist es von Vorteil, wenn die optische Meßebeane durch eine Lichtschranke, vorzugsweise eine Laserlichtschranke, gebildet wird.

Auch diese Maßnahme trägt in vorteilhafter Weise zur Erhöhung der Meßgenauigkeit bei. Eine Lichtschranke, vorzugsweise eine Laserlichtschranke, hat nämlich einen definierten Meßstrahl mit sehr geringem Durchmesser, so daß zum Unterbrechen des Lichtstrahles nur ein sehr geringes Eintauchen des Werkzeuges in die Meßebeane erforderlich ist. Außerdem kann vorgesehen werden, daß bereits eine bestimmte Abschwächung des Lichtstrahles durch das in diesen Strahl eindringende Werkzeug — bspw. um 60% — als Eintauchen des Werkzeuges in die Meßebeane erkannt wird. Die Auflösung des Meßsystems wird auf diese Weise also deutlich erhöht, so daß insgesamt die Vermessung mit größerer Genauigkeit erfolgen kann.

In einer Weiterbildung der genannten Verfahren ist es bevorzugt, wenn sie bei drehendem Werkzeug durchgeführt werden und wenn das Meßsystem periodisch Meßwerte liefert.

Diese Maßnahme ist insbesondere bei der Bestimmung der Rundheit des zu vermessenden Werkzeuges von Vorteil, trägt aber insgesamt dazu bei, daß das erfindungsgemäße Verfahren schneller durchgeführt werden kann. Es muß nämlich nicht mehr gewartet werden, bis das Werkzeug zum Stillstand abgebremst worden ist.

Durch das periodische Liefern der Meßwerte von einem sich drehenden Werkzeug kann außerdem leicht auf die Rundheit des Werkzeuges geschlossen werden. Ein un rundes Werkzeug wird nämlich bei tangentialem Anfahren an die Meßebeane zeitweise in die Meßebeane eintauchen und diese zeitweise wieder verlassen, so daß die Meßwerte im Rhythmus des sich drehenden Werkzeuges bedingt durch die mangelnde Rundheit des letzteren periodisch schwanken. Das Erkennen der fehlenden Rundheit des Werkzeuges erhöht jedoch wieder die Betriebssicherheit und Bearbeitungsgenauigkeit der Werkzeugmaschine.

Hier ist es weiter bevorzugt, wenn die Drehzahl des Werkzeuges derart an die Meßperiode des Meßsystems angepaßt ist, daß die Drehzahl und die Meßperiode nicht miteinander synchronisiert sind.

Unter nicht synchronisiert ist hier zu verstehen, daß die Meßperiode von der Zeit für eine Umdrehung des Werkzeuges, vorzugsweise von einem ganzzahligen Vielfachen oder einem ganzzahligen Teil dieser Zeit verschieden ist.

Auf diese Weise wird erreicht, daß während der gesamten Meßdauer Meßwerte von mehreren Punkten längs des Umfanges des Werkzeuges genommen werden. Auf diese Weise können auch kleine Abweichungen in der Rundheit des Werkzeuges erfaßt werden, was wiederum die Meßgenauigkeit, die Reproduzierbarkeit und die Bearbeitungsgenauigkeit erhöht.

Insgesamt ist es bevorzugt, wenn das Verfahren auf einer Werkzeugmaschine mit automatischem Werkzeugwechsel durchgeführt wird und zwischen den Werkzeugwechseln die relative Lage der Meßebeane bestimmt wird.

Hier ist von Vorteil, daß immer wieder während des Bearbeitungsvorganges durch die Werkzeugmaschine ein Meßwerkzeug eingewechselt werden kann, um die Lage der Meßebeane zu bestimmen. Aus Veränderungen in der relativen Lage der Meßebeane kann dann auf thermische Deflektionen oder sonstige Verlagerungen in der Maschine geschlossen werden. Diese Erkenntnis

wird dann nicht nur bei der Bestimmung der Abmaße des jeweils verwendeten Werkzeuges genutzt, sie kann auch dazu verwendet werden, sonstige Parameter der Maschineneinstellung zu verändern oder zu kontrollieren.

Weiterhin ist es bei einer Maschine mit automatischem Werkzeugwechsel von Vorteil, wenn die Meßebe-
ebene derart angeordnet ist, daß das jeweilige Werkzeug beim Zustellen zu einem zu bearbeitenden Werkstück in die Meßebe-
bene eintaucht. Auf diese Weise werden "Totzeiten" zwischen den einzelnen Bearbeitungsgängen klein gehalten, denn zum Werkzeugwechsel muß die Spindel zunächst vom Werkstück weggefahren und dann mit dem neuen Werkzeug wieder zugestellt werden. Wird dabei die Meßebe-
bene durchquert, kann sozusagen während des Zustellens das Vermessen des Werkzeuges erfolgen. Hierbei ist zu beachten, daß die Meßperiode des Meßsystems, verglichen mit der Zustellgeschwindigkeit des Werkzeuges, hinreichend klein sein muß. Je mehr Meßwerte nämlich pro zurückgelegtem Wegelement des Werkzeuges genommen werden können, umso feiner läßt sich dieses Wegstück unterteilen. Ist also bspw. eine Auflösung von 0,1 mm gewünscht und wird das Werkzeug mit 10 mm pro Sekunde zugestellt, so müssen mindestens 100 Meßwerte pro Sekunde genommen werden, um die gewünschte Auflösung von 0,1 mm zu erreichen.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den jeweils angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Werkzeugmaschine in Seitenansicht, auf der das neue Verfahren durchgeführt wird, wobei das Werkzeug nicht in die Meßebe-
bene eingetaucht ist;

Fig. 2 eine Darstellung wie Fig. 1, wobei das Werkzeug jedoch gerade in die Meßebe-
bene eintaucht;

Fig. 3 eine Darstellung längs der Linie III-III aus Fig. 2;

Fig. 4 ein zweites Meßsystem für die Meßebe-
bene, in einer ausschnittweisen Darstellung, in der Ansicht der Fig. 3; und

Fig. 5 in einer Darstellung wie Fig. 4 ein drittes Meßsystem für die Meßebe-
bene.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Seitenansicht einer Werkzeugmaschine 10. Die Werkzeugmaschine 10 umfaßt einen bei 11 angedeuteten Werkzeu-
gstütztisch zur Aufnahme eines zu bearbeitenden Werkstückes, das der Übersicht halber nicht dargestellt ist. Ferner ist ein Spindelstock 12 vorgesehen, in welchem eine bei 13 angedeutete Spindel drehbar und angetrieben gelagert ist. In der Spindel 13 sitzt ein auf den Werkstück-
tisch 11 zuweisendes Werkzeug 14.

Der Spindelstock 12 ist in den drei angedeuteten Koordinaten X, Y und Z relativ zu dem Werkstücktisch verfahrbar. Zur Bestimmung der relativen Lage des Spindelstockes in Z-Richtung ist ein Wegmeßsystem 15 mit einem bei 16 angedeuteten Z-Maßstab vorgesehen. Mit 17 ist ein Referenzpunkt für die Z-Richtung angedeutet, welcher bei dem gewählten Koordinatensystem der X/Y-Ebene entspricht.

Zur Bestimmung der relativen Lage des Spindelstockes 12 in Z-Richtung ist an dem Spindelstock 12 eine Referenzebe-
bene festgelegt, welche mit dem Übergang zwischen Spindel 13 und Werkzeug 14 übereinstimmt. Diese Referenzebe-
bene ist in Fig. 1 durch einen Meßpfeil 19 angedeutet, welcher auf den Maßstab 16 weist. Der Abstand zwischen dem Referenzpunkt 17 und dem Meßpfeil 19 gibt jeweils die relative Lage des Spindelstockes 12 an.

Auf dem Werkstücktisch 11 ist ein optisches Meßsystem 21 angeordnet, das im vorliegenden Falle eine Lichtschranke 22 ist. Die Lichtschranke 22 umfaßt einen Geber 23, der hier als Laserlichtquelle 24 ausgebildet ist. Ferner ist ein Empfänger 25 vorhanden, der als Fotozelle 26 ausgebildet ist. Dem Empfänger 25 ist eine Auswerteeinheit 27 zugeordnet.

Die Laserlichtquelle 24 gibt einen Laserstrahl 28 aus, welcher auf die Fotozelle 26 gerichtet ist. Durch den Laserstrahl 28 wird eine optische Meßebe-
bene 29 aufgespannt, welche in Fig. 1 parallel zu der X/Y-Ebene verläuft.

Die Meßebe-
bene 29 ist in einem Abstand R_z zu dem Referenzpunkt 17 angeordnet. Dieser Abstand R_z ist entweder als Maschinenparameter bekannt, er kann aber auch mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens berechnet werden. Dies wird nachstehend noch beschrieben werden.

Während in Fig. 1 das Werkzeug 14 noch nicht in die Meßebe-
bene 29 eingetaucht ist, ist in Fig. 2 der Fall dargestellt, bei dem das Meßwerkzeug 14 gerade in die Meßebe-
bene 29 eintaucht und den Laserstrahl 28 unterbricht. Der Laserstrahl 28 wird nun entweder überhaupt nicht mehr auf die Fotozelle 26 auftreffen, oder aber nur noch mit verminderter Strahlleistung, was durch die gestrichelte Darstellung des Laserstrahles 28' in Fig. 2 links von dem Werkzeug 14 angedeutet ist.

Das Unterbrechen des Laserstrahles 28 oder die Herabsetzung seiner Intensität wird von der Auswerteeinheit 27 erkannt. Die Auswerteeinheit 27 fragt dann die momentane relative Lage P_{zm} des Spindelstockes 12 bezogen auf den Referenzpunkt 17 ab.

In der in Fig. 2 gezeigten Stellung des Spindelstockes 12 ist die geometrische Beziehung zwischen der relativen Lage der Meßebe-
bene 29 und des Spindelstockes 12 derart, daß die Länge l des Werkzeuges 14 sich aus der Differenz zwischen R_z und P_{zm} ergibt. Die Länge l des Werkzeuges 14 ist dabei so definiert, daß sie dem Abstand von der Werkzeugs-
spitze zu der durch den Meßpfeil 19 angedeuteten Referenzebe-
bene am Spindelstock entspricht.

Zwischen den Stellungen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 ist der Spindelstock 12 in Z-Richtung verfahren worden. Das Meßsystem 21 ist jetzt so ausgelegt, daß die Auswerteeinheit 27 die Fotozelle 26 mit einer Meßperiode abfragt, die auf die Verfahrgeschwindigkeit des Spindelstockes 12 in Z-Richtung sowie auf die gewünschte Auflösung abgestimmt ist. Je schneller der Spindelstock 12 verfahren wird und je höher die gewünschte Auflösung ist, desto kleiner muß die Meßperiode sein. Je höher also der Verfahrweg des Spindelstockes 12 pro Zeiteinheit ist, desto mehr Meßwerte müssen je Zeiteinheit genommen werden. Beträgt die Zustellgeschwindigkeit beispielsweise 10 mm pro Sekunde und soll die Meßgenauigkeit bei 0,1 mm liegen, so müssen mindestens 100 Meßwerte pro Sekunde genommen werden. Durch eine Erhöhung der Zahl der Meßwerte pro Zeiteinheit kann dabei also auch die Meßgenauigkeit erhöht werden.

Es hat sich nun gezeigt, daß sich während der Be-

triebszeit der Werkzeugmaschine durch thermische Deformationen oder andere Lageveränderungen die relative Lage R_z der Meßebe 29 bezogen auf den Referenzpunkt 17 verändert. Da dies die Meßgenauigkeit ebenfalls beeinflusst, ist nunmehr vorgesehen, mit Hilfe eines Meßwerkzeuges 31 die relative Lage R_z zu vermessen. Dazu wird statt eines Werkzeuges 14 ein Meßwerkzeug 31 in die Spindel 13 eingespannt, dessen Länge l bekannt ist.

Nunmehr wird für das Meßwerkzeug 31 das oben beschriebene Verfahren zum Vermessen eines Werkzeuges durchgeführt, wobei jedoch die relative Lage R_z der Meßebe 29 zu bestimmen ist. Aus der in Fig. 2 hervorgehenden geometrischen Beziehung ergibt sich, daß R_z der Summe der momentanen relativen Lage P_{zm} und der Länge l entspricht.

Das Einwechseln eines Meßwerkzeuges kann insbesondere bei Werkzeugmaschinen mit automatischem Werkzeugwechsel während der Bearbeitung eines Werkstückes mit unterschiedlichen Werkzeugen immer wieder zwischen den einzelnen Werkzeugwechseln erfolgen, so daß über die gesamte Bearbeitungszeit eine Kontrolle der Lage der Meßebe 29 erfolgt. Dies erhöht nicht nur die Genauigkeit bei der Vermessung des jeweilig verwendeten Werkzeuges, es können somit auch Lageveränderungen innerhalb der Maschine erkannt und entsprechend berücksichtigt werden.

Fig. 3 zeigt in einer Draufsicht der Anordnung aus Fig. 2 eine zweite optische Meßebe 32, welche in der X/Z-Ebene liegt. Auch die Meßebe 32 wird durch den Laserstrahl 28 aufgespannt.

Ferner ist ein Wegmeßsystem 33 für die Y-Richtung dargestellt, das einen Y-Referenzpunkt 34 sowie einen Y-Maßstab 35 umfaßt. Mit Hilfe des Wegmeßsystemes 33 wird die relative Lage P_y des Spindelstockes 12 in Y-Richtung vermessen.

Ferner ist ein Meßgerät 36 angedeutet, welches die von der Auswerteeinheit 27 abgegebenen Meßsignale anzeigen soll. Eine derartige Anzeige ist selbstverständlich nicht erforderlich, hierdurch soll lediglich das Meßsignal als solches gegenständlich dargestellt werden.

Ferner weist die Auswerteeinheit 27 einen Ausgang 37 auf, an welchem angezeigt wird, ob ein Werkzeug 14 bzw. ein Meßwerkzeug 31 in die Meßebe 29 bzw. 32 eingetaucht ist.

In Fig. 3 ist mit 38 noch ein Meßpfeil angedeutet, welcher durch die Drehachse des Werkzeuges 14 verläuft. Der Abstand zwischen dem Meßpfeil 38 und dem Referenzpunkt 34 gibt die relative Lage P_y des Spindelstockes 12 in Y-Richtung an. Ein dem Wegmeßsystem 33 entsprechendes Wegmeßsystem ist auch für die X-Richtung vorgesehen, jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

In der mit 14' dargestellten Lage des Werkzeuges 14 gibt die Auswerteeinheit 27 an ihrem Ausgang 37 ein Signal aus, das andeutet, daß das Werkzeug 14 gerade in die Meßebe 32 eintaucht. Jetzt wird die momentane relative Lage P_{ym} des Spindelstockes 12 bzw. des Meßpfeiles 38 gemessen und durch Differenzbildung mit der relativen Lage R_y des Laserstrahles 28 in der X/Z-Ebene der Radius des Werkzeuges 14 bestimmt.

Verwendet man jetzt wieder ein Meßwerkzeug 31, dessen Radius r bekannt ist, so kann man mit Hilfe der momentanen Lage P_{ym} die relative Lage R_y der Meßebe 32 berechnen.

Somit können auch Verschiebungen innerhalb der Werkzeugmaschine in Y-Richtung erkannt werden. Durch ein weiteres optisches Meßsystem, das in Y-Rich-

tung ausgerichtet ist, können entsprechende Messungen auch für die X-Richtung vorgenommen werden.

Im folgenden ist bezüglich der Meßgenauigkeit noch zu bedenken, daß in dem Arbeitsraum der Werkzeugmaschine eine ölverpestete Luft vorhanden ist, welche zusätzlich mit kleinen Verunreinigungen in Form von Spänen und sonstigem Abrieb belastet ist. Diese Verunreinigungen driften im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine 10 umher und führen dazu, daß der Laserstrahl 28 mit unterschiedlicher Intensität auf der Fotozelle 26 auftrifft. Um nun zu verhindern, daß bereits ein Signalabfall durch derartige Verunreinigungen dazu führt, daß das Eintauchen des Werkzeuges 14 in die Meßebe 32 oder 29 angenommen wird, wird das aktuelle Meßsignal der Auswerteeinheit bzw. der Fotozelle 26 jeweils mit einem Referenzwert verglichen. Dieser Referenzwert wird periodisch genommen und entspricht im einfachsten Ausführungsbeispiel dem zuletzt genommenen Meßwert. Das bedeutet, daß der aktuelle Meßwert jeweils mit dem zuletzt genommenen Meßwert verglichen wird, und daß aus dem Vergleich darauf geschlossen wird, ob ein Werkzeug 14 in die Meßebe 32 eintaucht. Hierbei wird davon ausgegangen, daß die Intensität des Laserstrahles durch die im Arbeitsraum vorhandenen Verunreinigungen gering ist verglichen mit der Änderung der Intensität durch das Eintauchen eines Werkzeuges 14. Wird jedoch einmal ein drastischer Intensitätsabfall, bspw. um 60%, erkannt, so wird der zuletzt genommene Meßwert als Vergleichswert für alle folgenden Messungen beibehalten. Auf diese Weise kann die Wirkung der Verunreinigungen sozusagen ausgeblendet werden.

Anhand der Tabelle 1 soll jetzt beschrieben werden, wie mit dem insoweit beschriebenen Verfahren auch die Rundheit eines Werkzeuges 14 bestimmt werden kann. In der Tabelle 1 sind in der linken Spalte fünf verschiedene Zustände während des Eintauchens eines Werkzeuges 14 in die Meßebe 32 dargestellt. In der mittleren Spalte ist das jeweils zugehörige Meßsignal der Auswerteeinheit 27 angegeben, wobei mit U_0 der Vergleichswert bezeichnet ist.

In der rechten Spalte findet sich der Ausgang 37 der Auswerteeinheit 27 wieder, wobei ein Plus-Zeichen das Erkennen des Eintauchens eines Werkzeuges bezeichnet.

In der obersten Zeile ist das Werkzeug 14 noch so weit von der Meßebe 32 entfernt, daß trotz der in Tabelle 1 überdeutlich dargestellten Unrundheit des Werkzeuges 14 der Laserstrahl 28 nie unterbrochen wird. Das Meßsignal beträgt hier beispielsweise 30 mV. Der Ausgang 37 gibt kein Signal aus.

In der zweiten Zeile hat sich das Werkzeug 14 tangential der Meßebe 32 genähert, ist jedoch noch nicht in die Meßebe 32 eingetaucht. Bedingt durch Verschmutzungen im Arbeitsraum ist das Meßsignal inzwischen auf 27 mV abgesunken, der Ausgang 37 zeigt jedoch noch kein eingetauchtes Werkzeug an.

In der dritten Zeile hat sich das Werkzeug 14 um ca. 90° gedreht, so daß der Laserstrahl 28 jetzt vollständig unterbrochen ist. Das Meßsignal beträgt jetzt nur noch 10 mV. Die Auswerteeinheit 27 erkennt diesen drastischen Signalabfall und nimmt das letzte Meßsignal (aus der zweiten Zeile) von 27 mV als Vergleichswert. Ferner wird an dem Ausgang 37 das Eintauchen eines Werkzeuges 14 angezeigt.

In der vierten Zeile hat sich zwar der Abstand des Werkzeuges 14 zu der Meßebe 32 nicht geändert, bedingt durch die Drehung des unrundern Werkzeuges

wird der Laserstrahl 28 jedoch nicht mehr unterbrochen. Dementsprechend liefert die Fotozelle ein Meßsignal von 28 mV, das mit dem Vergleichswert U_0 von 27 mV verglichen wird. Aus dem Vergleich erkennt die Auswerteeinheit, daß kein Werkzeug mehr eingetaucht ist.

In der letzten Zeile der Tabelle 1 hat sich das Werkzeug 14 um weitere 90° gedreht und ist wieder in den Laserstrahl 28 eingetaucht. Das Meßsignal beträgt jetzt 12 mV, wobei die Abweichung zu dem Wert aus der dritten Zeile durch atmosphärische Änderungen im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine bedingt ist. Durch den Vergleich zwischen den 12 mV und U_0 von 27 mV erkennt die Auswerteeinheit 17 wieder das Eintauchen eines Werkzeuges 14 und zeigt dies am Ausgang 37 an.

Hier ist jetzt zu erwähnen, daß die Zahl der Meßwerte pro Zeiteinheit und die Zahl der Umdrehungen des Werkzeuges pro Zeiteinheit derart aufeinander abgestimmt sind, daß keine Synchronisation stattfindet. Das bedeutet, daß die Meßperiode von der Zeit für eine Umdrehung des Werkzeuges, vorzugsweise sogar von einem ganzzahligen Vielfachen oder einem ganzzahligen Teil dieser Zeit verschieden ist. Mit anderen Worten erfaßt das Meßsystem das Werkzeug 14 pro Meßwert jeweils in einem anderen Drehungszustand, so daß die Unrundheit sicher erkannt werden kann.

Die Tabelle 1 gibt selbstverständlich nur einen kurzen Ausschnitt aus dem gesamten Meßablauf. Die Vorschubgeschwindigkeit des Werkzeuges 14 in Y-Richtung ist, verglichen mit der Drehzahl des Werkzeuges 14 und der Zahl der Meßwerte pro Zeiteinheit, derart gering, daß die Unrundheit quasi stationär gemessen wird.

Dadurch, daß der Meßwert jeweils mit einem zuvor genommenen Vergleichswert verglichen wird, um auf das Eintauchen eines Werkzeuges 14 in die Meßebe 32 bzw. 29 zu schließen, sind hier keine besonderen Maßnahmen zum Schutz des Gebers 23 bzw. des Empfängers 25 vorgesehen. Die Verschmutzungen werden sozusagen automatisch ausgeblendet.

In Fig. 4 ist ein weiteres optisches Meßsystem 39 dargestellt, wie es bei der Werkzeugmaschine nach den Fig. 1 bis 3 und dem darauf durchgeführten Verfahren verwendet werden kann.

Das Meßsystem 39 umfaßt sozusagen ein weiteres System 40, das dem ursprünglichen Meßsystem 21 parallelgeschaltet ist. Zu diesem Zweck wird der Laserstrahl 28 mit einem Strahlteiler 41 und einem Umlenkspiegel 42 in zwei parallele Laserstrahlen 28' und 28'' aufgeteilt. Mit Hilfe eines weiteren Umlenkspiegels 43 und einem einseitig verspiegelten Umlenkspiegel 45 wird der Laserstrahl 28'' ebenfalls auf die Fotozelle 26 gelenkt.

Im Strahlengang beider Laserstrahlen 28' und 28'' sind Fotoverschlüsse oder Shutter 47 und 48 vorgesehen, welche über Steuerleitungen 49 und 50 von der Auswerteeinheit 27 geschaltet werden.

Die Auswerteeinheit 27 schaltet die Shutter 47 und 48 im Gegentakt, so daß die Fotozelle 26 entweder den Laserstrahl 28' oder den Laserstrahl 28'' mißt. Da das Werkzeug 14 nur in den Laserstrahl 28' eintaucht, der Laserstrahl 28'' also davon unberührt bleibt, findet die Vergleichsmessung zwischen zwei nahezu zeitgleich genommenen Meßwerten statt. Dabei ist insbesondere von Vorteil, daß nur eine einzige Laserlichtquelle 24 und nur eine einzige Fotozelle 26 erforderlich sind. Auch auf diese Weise können also Verunreinigungen der Luft im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine ausgeblendet werden.

Eine weitere Möglichkeit der Ausblendung von Verunreinigungen ist in Fig. 5 dargestellt. Das hier gezeigte Meßsystem 51 weist ebenfalls einen zweiten Pfad 52 auf, für den zweiten Laserstrahl 28'' ist jedoch eine gesonderte Fotozelle 53 vorgesehen. Über die Verbindungsleitung 54 wird die Fotozelle 53 ebenfalls von der Auswerteeinheit 27 ausgelesen, welche eine Differenzmessung zwischen den Fotozellen 26 und 53 durchführt. Auf diese Weise werden die beiden parallel verlaufenden Laserstrahlen 28' und 28'' zeitgleich ausgelesen und miteinander verglichen, so daß das Eintauchen des Werkzeuges 14 unabhängig von Verunreinigungen gemessen werden kann.

Sämtliche insoweit beschriebenen Verfahren zum Beiseitigen der Einflüsse von Verunreinigungen im Arbeitsraum erhöhen ersichtlicherweise die Meßgenauigkeit des Systems. Hier kann nämlich nicht nur die vollständige Unterbrechung des Laserstrahles 28' durch ein eingetauchtes Werkzeug 14 erfaßt werden, vielmehr ist auch eine geringe Abschwächung des Laserstrahles 28' durch ein nur teilweise eingetauchtes Werkzeug 14 möglich. Da andererseits der verwendete Laserstrahl 28 nur einen sehr geringen Durchmesser hat, kann die relative Lage Pym bzw. Pzm des Spindelstockes 12 auf einen Bruchteil des Durchmessers des Laserstrahles und damit auf einen Bruchteil eines Millimeters genau bestimmt werden. Dieses führt im Zusammenhang mit der hohen Auflösung des Meßsystemes dazu, daß nicht nur eine sehr genaue Vermessung eines in der Werkzeugmaschine jeweils verwendeten Werkzeuges 14 sowohl in der Länge als auch im Durchmesser möglich ist, außerdem kann die Rundheit eines rotierenden Werkzeuges schnell ermittelt werden.

Durch alle insoweit beschriebenen Maßnahmen wird die Genauigkeit beim Vermessen eines Werkzeuges deutlich erhöht. Weiterhin bietet das neue Verfahren den Vorteil, daß auch Lageveränderungen innerhalb der Werkzeugmaschine erkannt werden können, wenn ein Meßwerkzeug vermessen wird, dessen Abmaße definiert und bekannt sind. Die dabei gewonnenen Werte können wiederum eingesetzt werden, wenn die nächsten Bearbeitungswerkzeuge 14 vermessen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vermessen eines Werkzeuges (14) in einer Spindel (13) einer Werkzeugmaschine (10), bei der das Werkzeug (14) durch relatives Verfahren zwischen einem die Spindel (13) aufnehmendem Spindelstock (12) und einem Werkstücktisch (11) zugestellt wird, wobei die relative Lage (Py, Pz) des Spindelstockes (12) zu einem Referenzpunkt (34, 17) mittels eines Wegmeßsystemes (33, 15) bestimmt wird, das Werkzeug in Richtung einer seiner Koordinaten (Y, Z) einer im wesentlichen quer zu der Koordinate (Y, Z) verlaufenden optischen Meßebe (32, 29) mit zugeordnetem optischem Meßsystem (21, 39, 51) zugestellt wird, das Meßsystem (21, 39, 51) ein Meßsignal ausgibt, anhand dessen bestimmt wird, ob das Werkzeug (14) in die Meßebe (32, 29) eintaucht, bei Eintauchen des Werkzeuges (14) in die Meßebe (32, 29) die momentane relative Lage (Pym, Pzm) des Spindelstockes (12) als Lagemeßwert (Pym, Pzm) gemessen wird, und aus dem Lagemeßwert (Pym, Pzm) sowie aus der relativen Lage (Ry, Rz) der Meßebe (32, 29) zu dem Referenzpunkt (34, 17) die Abmaße (r, l) des Werkzeuges (14) in der Koordinate (Y, Z) be-

rechnet werden, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren auch in einer quer zur Längsrichtung (Z) des Werkzeuges (14) verlaufenden Koordinate (Y) durchgeführt wird.

2. Verfahren zum Vermessen eines Werkzeuges (14) in einer Spindel (13) einer Werkzeugmaschine (10), bei der das Werkzeug (14) durch relatives Verfahren zwischen einem die Spindel (13) aufnehmendem Spindelstock (12) und einem Werkstücktisch (11) zugestellt wird, wobei die relative Lage (Py, Pz) des Spindelstockes (12) zu einem Referenzpunkt (34, 17) mittels eines Wegmeßsystemes (33, 15) bestimmt wird, das Werkzeug in Richtung einer seiner Koordinaten (Y, Z) einer im wesentlichen quer zu der Koordinate (Y, Z) verlaufenden optischen Meßebe- 15
ne (32, 29) mit zugeordnetem optischem Meßsystem (21, 39, 51) zugestellt wird, das Meßsystem (21, 39, 51) ein Meßsignal ausgibt, anhand dessen bestimmt wird, ob das Werkzeug (14) in die Meßebe- 20
ne (32, 29) eintaucht, bei Eintauchen des Werkzeuges (14) in die Meßebe- 20
ne (32, 29) die momentane relative Lage (Pym, Pzm) des Spindelstockes (12) als Lagemeßwert (Pym, Pzm) gemessen wird, und aus dem Lagemeßwert (Pym, Pzm) sowie aus der relativen Lage (Ry, Rz) der Meßebe- 25
ne (32, 29) zu dem Referenzpunkt (34, 17) die Abmaße (r, l) des Werkzeuges (14) in der Koordinate (Y, Z) berechnet werden, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Vermessen des Werkzeuges (14) ein Meßwerkzeug (31) mit definierten Abmaßen (r, l) ver- 30
messen wird, und daß aus dem Lagemeßwert (Pym, Pzm) für das Meßwerkzeug (31) und den definierten Abmaßen (r, l) die relative Lage (Ry, Rz) der Meßebe- 30
ne (32, 29) bestimmt wird.

3. Verfahren zum Vermessen eines Werkzeuges (14) in einer Spindel (13) einer Werkzeugmaschine (10), bei der das Werkzeug (14) durch relatives Verfahren zwischen einem die Spindel (13) aufnehmendem Spindelstock (12) und einem Werkstücktisch (11) zugestellt wird, wobei die relative Lage (Py, Pz) des Spindelstockes (12) zu einem Referenzpunkt (34, 17) mittels eines Wegmeßsystemes (33, 15) be- 40
stimmt wird, das Werkzeug in Richtung einer seiner Koordinaten (Y, Z) einer im wesentlichen quer zu der Koordinate (Y, Z) verlaufenden optischen Meßebe- 45
ne (32, 29) mit zugeordnetem optischem Meßsystem (21, 39, 51) zugestellt wird, das Meßsystem (21, 39, 51) ein Meßsignal ausgibt, anhand dessen bestimmt wird, ob das Werkzeug (14) in die Meßebe- 50
ne (32, 29) eintaucht, bei Eintauchen des Werkzeuges (14) in die Meßebe- 50
ne (32, 29) die momentane relative Lage (Pym, Pzm) des Spindelstockes (12) als Lagemeßwert (Pym, Pzm) gemessen wird, und aus dem Lagemeßwert (Pym, Pzm) sowie aus der relativen Lage (Ry, Rz) der Meßebe- 55
ne (32, 29) zu dem Referenzpunkt (34, 17) die Abmaße (r, l) des Werkzeuges (14) in der Koordinate (Y, Z) berechnet werden, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßsignal des Meßsystems (21, 39, 51) mit einem Vergleichswert (U₀) verglichen wird, um festzustel- 60
len, ob das Werkzeug (14) in die Meßebe- 60
ne eintaucht.

4. Verfahren nach Anspruch 3 und einem oder beiden der Ansprüche 1 und 2.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, 65
dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichswert (U₀) mit einem zweiten Meßsystem (40, 52) ermittelt wird, das beim Eintauchen des Werkzeuges (14,

31) in die Meßebe- (32, 29) nicht erfaßt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichswert (U₀) periodisch wiederkehrend gemessen wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Eintauchen des Werkzeuges (14) in die Meßebe- (32, 29) durch eine Differenzmessung ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Meßebe- (32, 29) durch eine Lichtschranke (22), vorzugsweise eine Laserlichtschranke, gebildet ist.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es bei drehendem Werkzeug (14) durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßsystem (21, 39, 51) periodisch Meßwerte liefert.

11. Verfahren nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Werkzeuges derart an die Meßperiode des Meßsystems angepaßt ist, daß die Drehzahl und die Meßperiode nicht miteinander synchronisiert sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß es auf einer Werkzeugmaschine (10) mit automatischem Werkzeugwechsel durchgeführt wird, und daß die relative Lage (Ry, Rz) zwischen den Werkzeugwechseln bestimmt wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

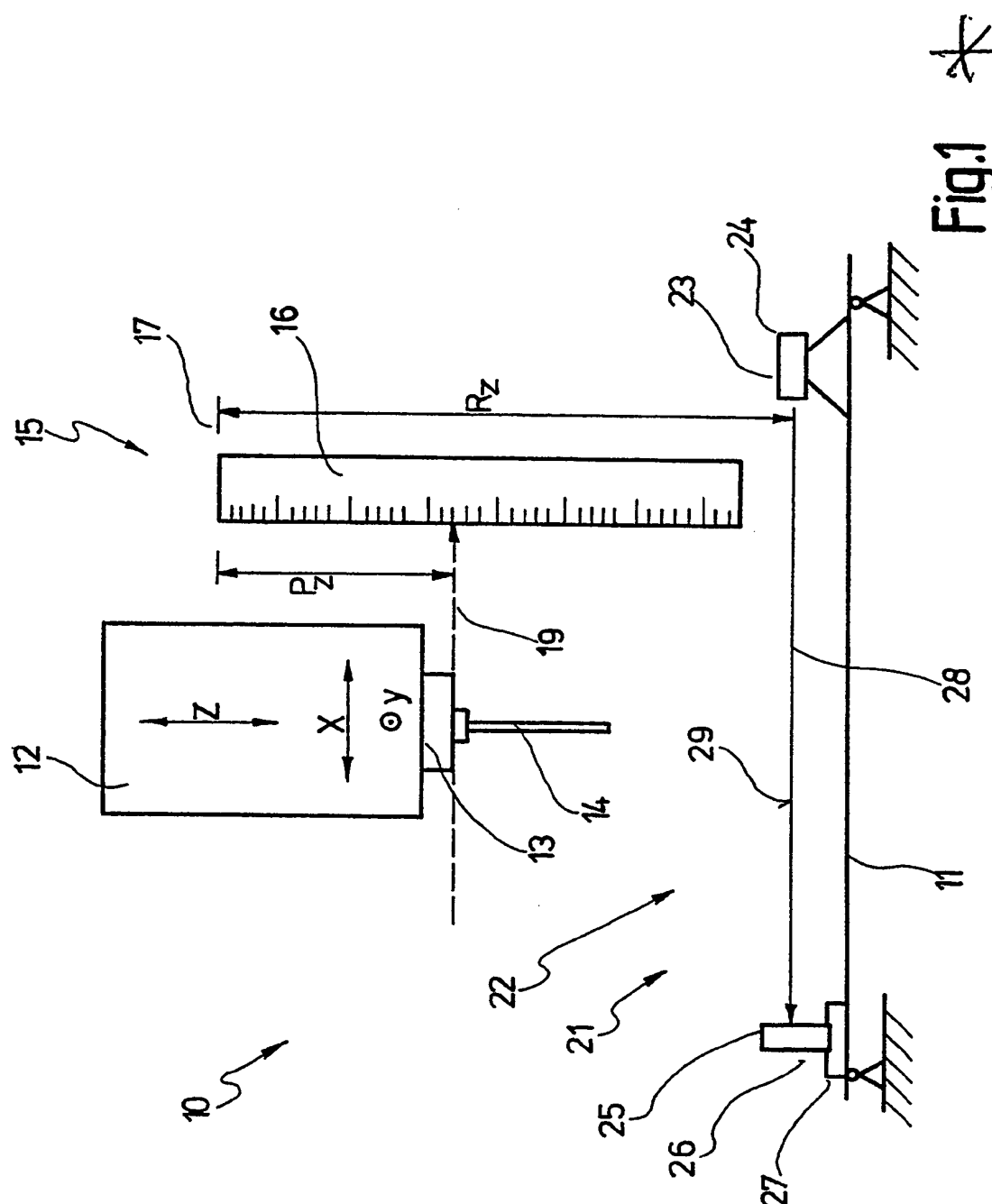
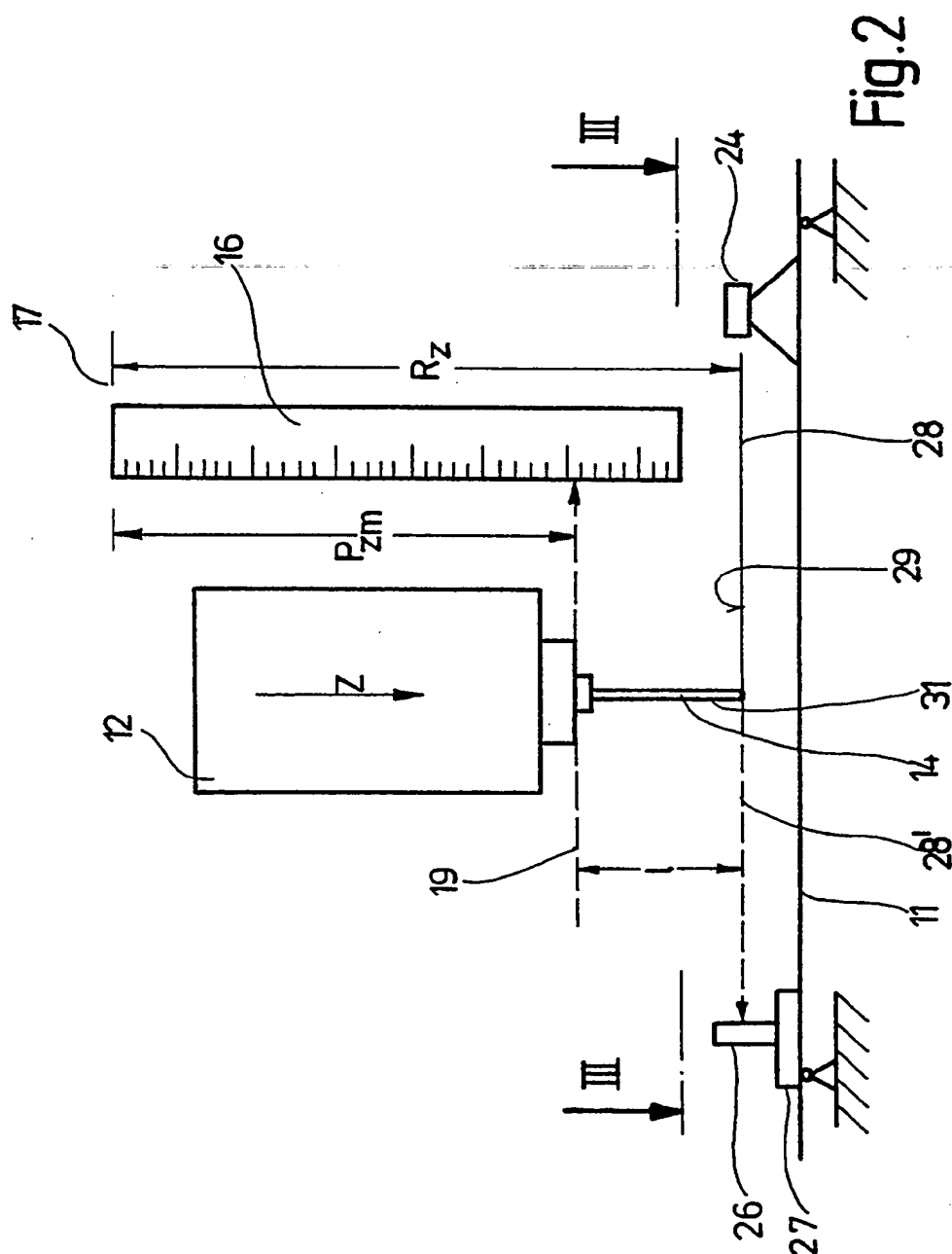


Fig. 1



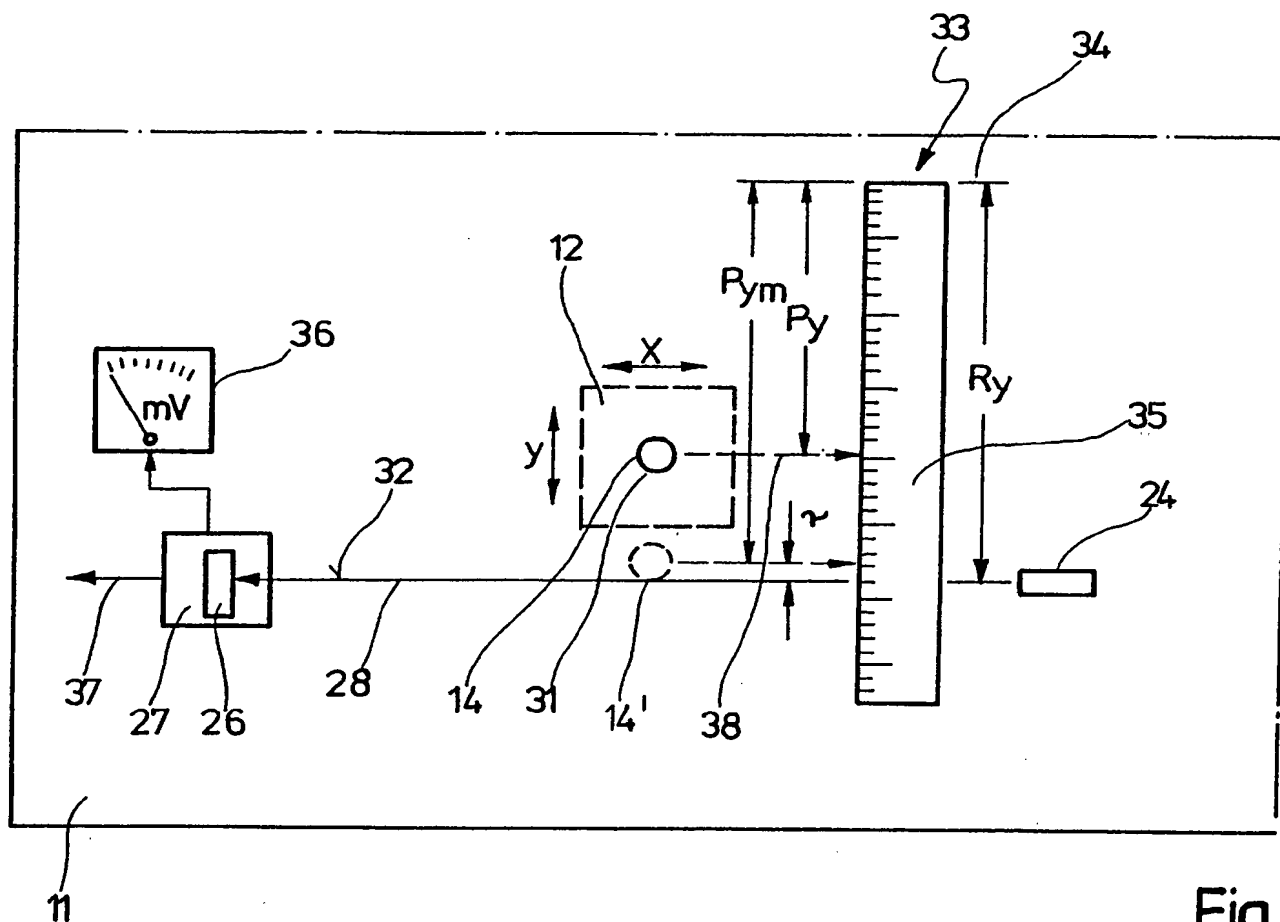


Fig.3

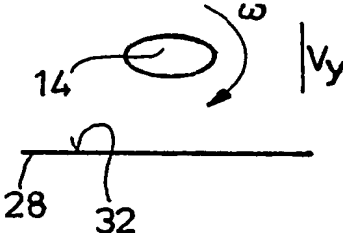
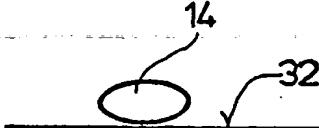
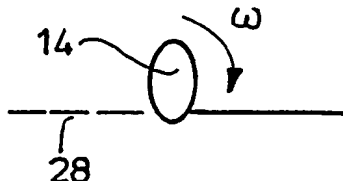
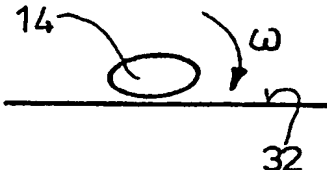
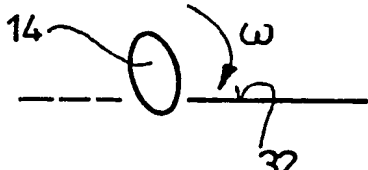
Position P_y	Signal 36	Ausgang 37
	$U = 30\text{mV}$	-
	$U = 27\text{mV}$	-
	$U = 10\text{mV}$ $U_o = 27\text{mV}$	+
	$U = 28\text{mV}$ $U_o = 27\text{mV}$	-
	$U = 12\text{mV}$ $U_o = 27\text{mV}$	+

Tabelle 1

